

Original document

## No title available

Publication number: JP5251739

Publication date: 1993-09-28

Inventor: UNNO KAZUMI; NOZAKI HIDEKI

Applicant: TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO

Classification:

- international: **H01L33/00; H01L25/075; H01L33/00; H01L33/00; H01L25/075;**  
H01L33/00; (IPC1-7): H01L33/00

- European:

Application number: JP19920049590 19920306

Priority number(s): JP19920049590 19920306

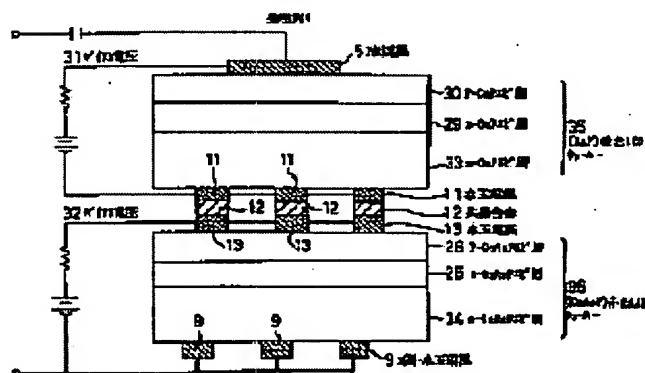
[View INPADOC patent family](#)

[View list of citing documents](#)

[Report a data error here](#)

### Abstract of JP5251739

**PURPOSE:**To achieve an LED in which the luminance of shortwave length light is 1cd or above, by using a eutectic alloy forming means for joining of LED wafers, semiconductor light emitting devices, together. **CONSTITUTION:**In a wafer 36 of GaAs red LED, a semiconductor light emitting device, a light emitting layer is made of an n-GaAsP epitaxial crystal growth layer 25 and a p-GaAsO epitaxial crystal growth layer 26 which are grown and laminated on an n-GaAsP epitaxial crystal growth layer 34. In a wafer 35 of Gap green LED, another semiconductor light emitting device, a light emitting layer is made of an n-GaP epitaxial crystal growth layer 29 and a p-GaAsP epitaxial crystal growth layer 30 which are formed and laminated on an n-GaP photo semiconductor epitaxial crystal growth layer 33. Then, the GaAsP red LED wafer 36 and the GaP green LED wafer 35 are forwardly joined together by the use of a eutectic alloy. The semiconductor light emitting device chip thus becomes an LED of an intermediate color between red and green.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-251739

(43) 公開日 平成5年(1993)9月28日

(51) IntCl.<sup>5</sup>

H 0 1 L 33/00

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

A 8934-4M

B 8934-4M

審査請求 未請求 請求項の数 8 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平4-49590

(22) 出願日 平成4年(1992)3月6日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 海野 和美

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会

社東芝堀川町工場内

(72) 発明者 野崎 秀樹

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会

社東芝堀川町工場内

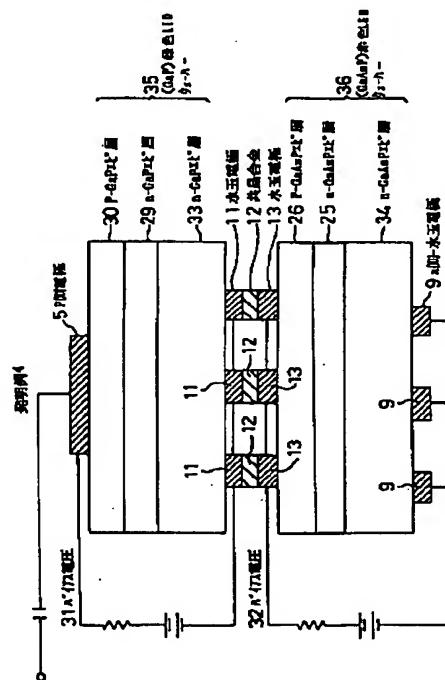
(74) 代理人 弁理士 三好 秀和 (外1名)

(54) 【発明の名称】 半導体発光デバイス

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 道路、情報表示板、自動車用高輝度信号機半導体発光デバイスで赤色より短波長領域で輝度が1cd以上の橙色から黄色、緑色迄のLEDを提供する。

【構成】 少なくとも一つ以上の発光層部と該発光層部から発光せられる光エネルギー以上のエネルギーバンドギャップを有する透明な結晶基板部、若しくは半導体エピタキシャル結晶成長層部と該結晶基板、若しくは該エピタキシャル結晶成長層部に構築されたn型InGaAlPグラッド層部33、34とp型InGaAlPグラッド層部26、30とで挟まれたInGaAlp半導体4元素混晶で構成された活性層部25、29との構造体から成る発光層部に電流拡散層部を設けて成る半導体発光素子同志を、2個35、36以上順方向に共晶合金12化手段で接合させて成る半導体発光デバイスである。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光半導体結晶基板上に少なくとも一つ以上の発光層を構成する半導体発光素子同志若しくは光半導体結晶基板上に少なくとも一つ以上の発光層を構成する半導体発光素子と光半導体結晶基板とを金属によって接合して成ることを特徴とする半導体発光デバイス。

【請求項2】 少なくとも一つ以上の発光層と光半導体厚膜エピタキシャル結晶成長層とで構成された半導体発光素子同志若しくは少なくとも一つ以上の発光層と光半導体厚膜エピタキシャル結晶成長層とで構成された半導体発光素子と光半導体結晶基板とを金属によって接合して成ることを特徴とする半導体発光デバイス。

【請求項3】 請求項1並びに請求項2に記載の半導体発光デバイスにおいて、半導体発光素子の光半導体エピタキシャル結晶成長層同志若しくは半導体発光素子の光半導体エピタキシャル結晶成長層と光半導体結晶基板の接合に用いた金属が共晶合金であることを特徴とする半導体発光デバイス。

【請求項4】 請求項1並びに請求項2に記載の半導体発光デバイスにおいて、光半導体結晶基板若しくは光半導体エピタキシャル結晶成長層が発光層により発する光のエネルギーよりも大きなバンドギャップを有する半導体結晶であることを特徴とする半導体発光デバイス。

【請求項5】 請求項1並びに請求項2に記載の半導体発光デバイスにおいて、少なくとも一つ以上の発光層で構成された半導体発光素子を少なくとも二つ以上順方向に接合し、且つ該半導体発光素子に順バイアスをそれぞれ印加して各発光層から各々の発光輝度を制御可能にしたことを特徴とする半導体発光デバイス。

【請求項6】 請求項1並びに請求項2に記載の半導体発光デバイスにおいて、少なくとも一つ以上の発光層で構成された半導体発光素子を少なくとも二つ以上順方向に接合し、且つ該半導体発光素子に順バイアスをそれぞれ印加して、各々の発光層からの発光を任意に制御し半導体発光デバイスのチップ1個で緑と赤若しくは赤と青又は緑と青の中間色の発光を任意に制御可能にしたことを特徴とする半導体発光デバイス。

【請求項7】 請求項1並びに請求項2に記載の半導体発光デバイスにおいて、半導体発光素子の光半導体エピタキシャル結晶成長層上に形成したオーミック電極と光半導体結晶基板上に形成したオーミック電極共晶合金化構築物とを所定の形に同形状化させ且つ、熱処理によって融着させ、該オーミック電極同志を金属間結合により共晶合金接合させたことを特徴とする半導体発光デバイス。

【請求項8】 請求項1並びに請求項2に記載の半導体発光デバイスにおいて、半導体発光素子の光半導体エピタキシャル結晶成長層上に所定の形に形状化したオーミック電極形成面上全面に金属若しくは合金反射層で光半導体結晶基板上に形成したオーミック電極上を共晶合金

化した構築物が特定の形状を有する必要がなく、且つ前記オーミック電極形成面上全面に施された金属若しくは合金反射層がAu、Al、Ag又は反射率の高い金属並びに合金であることを特徴とする半導体発光デバイス。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、輝度を高く取れる構造を有した半導体発光素子に関するもので、特に表示用光源として、例えば、駅構内等の屋内用情報表示板、屋外のビル広告板、道路表示板、自動車のストップランプ信号機等に用いる目的で開発された高輝度の半導体発光素子に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 半導体結晶を用いた半導体発光素子としては、発光ダイオード (Light Emitting Diode-LED)、レーザーダイオード (Laser Diode-LD) の様に動作特性から電流で発光する注入型エレクトロ・ルミネッセンス (Electro-Luminescence-EL) は、半導体結晶としてGaAs、GaP・pn Junction (pn接合) であり、このpn Junctionに順方向に電圧を印加することにより、少数キャリアを注入し、キャリアの再結合によって生ずる自然放出光を取り出す素子である。その材料特有な波長の発光を得る現象であり、赤外領域の光通信用LEDとか可視領域の表示用LEDに大別される。又真性エレクトロルミネッセンスは結晶体に電界を加えた時に発光する現象であり、印加電圧としては直流・交流のいずれも可能で直流駆動タイプではフォーミングを必要とせず、注入電流制限用高抵抗層の利用やGaAs単結晶上に発光層を形成し、ヘテロ接合によるキャリアの注入効率の改良による。これら半導体発光素子の中でも発光ダイオード特に高輝度のLEDは表示用光源、例えば、屋内や駅構内用情報表示板と連結表示用情報機、自動車のストップ・ランプ、信号機等に使用されている。

【0003】 又、pnpFET (Field Effect Transistor) を用いる事により低電流でも、ある程度までは、高輝度が出せるため、従来よりも省エネルギー分野の表示用光源として用いられるLEDとして、まず赤色発光素子としては、ピーク波長 ( $\lambda = 630\text{nm}$ 程度)、輝度300mcd前後のGaAsP赤色LED、ピーク波長 ( $\lambda = 660\text{nm}$ 程度)、輝度500mcdのシングルヘテロ (SH) 構造GaAlAs赤色LEDがあり、橙色発光素子としては、ピーク波長 ( $\lambda = 610\text{nm}$ 程度)、輝度300mcd前後のGaAsP橙色LED、黄色発光素子としてはピーク波長 ( $\lambda = 590\text{nm}$ 程度) の輝度300mcdのGaAsP黄色LEDがあり、緑色発光素子としてはピーク波長 ( $\lambda = 565\text{nm}$ 程度) 輝度500mcd前後GaP緑色LEDが用いられている。

3

【0004】なお、半導体発光素子を形成する主な手段として、結晶膜形成法としては、周知のエピタキシャル結晶膜成長法である気相結晶膜成長法(VPE)や液相結晶膜成長法(LPE)が知られており、VPEはGaAsPの形成に、LPEはGaAlAs、GaP等の形成に適している。

【0005】その他の結晶膜成長法として、有機金属を原料に用いたVPE(MOVPE-metal organic Vapour Phase Epitaxy)等の方法が知られている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】屋外用の表示用電源の場合、各々の発光色領域において、1cd以上の輝度が必要である。

【0007】赤色領域では直接遷移型であるGaAlAs-LEDは1cd以上の輝度が容易に得られているが、赤色より短波長領域の橙色から緑色のLEDでは間接遷移型であるGaAsP-LEDやGaP-LEDを使用している為、500mcd程度がほぼ限界とみられ、屋外用として十分に機能していないのが現状である。したがって、屋外用に使用するLED発光光の場合、GaAlAs赤色LEDなら1個ですむ所が、赤色より短波長領域である燈色、黄色、緑色の場合は、従来1個の発光素子を載置するリード上に複数個載置使用せざるを得ないのでコストアップとなる。

【0008】また、直接遷移型であるInGaAlP-LEDにおいても、十分な輝度が得られない。

【0009】この原因の一つに発光した活性層と半導体結晶基板との間の光を有効に活用していないことが挙げられる。また、輝度を向上させる方法として、光反射層及び電流拡散層を形成する事によって、発光効率を上げることは出来るが、まだ橙色から緑色までの範囲の光を1cd以上のLEDとして十分生かすことができないのが現状である。

【0010】又、発光層における活性層として、バンド・ギャップの大きいInGaAlP系半導体結晶を用いた半導体発光素子を使用すると、半導体結晶基板がバンド・ギャップの小さいGaAs等の材料の場合、発光層は短波長の発光をするので発せられる光の多くは、この半導体結晶基板に吸収されてしまうのが現状である。

【0011】したがって、発光により下方に向った光は、外部に取り出し得ずじまいになってしまう。そこで半導体結晶基板を除去する提案は良いが、半導体エピタキシャル結晶成長層が薄いために、該半導体結晶基板を除去する方法もむずかしい。

【0012】したがって、該半導体結晶基板にその発光波長光の吸収の少ないものを選択せねばならず、半導体結晶材料が限定されている状況である。

【0013】そこで従来例図2では、半導体結晶基板

4

による光の吸収を防いで発光効率を上げると同時に半導体結晶基板材料の選択の範囲を広げるために、発光層と半導体結晶基板の間に化合物半導体材料からなる光反射層を形成し、発光層から出た光は下方の半導体結晶基板1の方向に向かっても光反射層によって反射されて半導体結晶基板による光の吸収が防がれる。

【0014】しかし、前記光反射層はそれ自体の光吸収及び反射率が50~60%と低いため十分な効果が得られない。

10 【0015】一方、反射層を設けずに発光層から発光した光が下方に向っても光を外部に取り出す方法として、その発光波長光に対し不透明であるGaAs半導体結晶基板の代りにその発光波長光に対し透明であるGaP半導体結晶基板を用いたIn<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>P組成勾配層又はIn<sub>1-x</sub>(Ga<sub>1-y</sub>Al<sub>y</sub>)<sub>0.5</sub>P-LED(緑色→赤色発光)が出来た。しかし、この場合は、GaP半導体結晶基板とIn<sub>0.5</sub>(Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>)<sub>0.5</sub>Pとの格子不整合による格子欠陥が多発する為、内部発光効率が低下し、結果的には輝度の高い1cd以上のLEDが得られなかった。

【0016】従来例図1、図2、図3に示したP-Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>As電流拡散層3において、uが0.7の場合を示したもので、この電流拡散層の存在によって活性層全域で発光させることが出来るのであるが、その発光輝度を十分生かすことが出来ない。

【0017】そこで発光効率を上げて光の有効利用が可能となる短波長の光を発する半導体発光素子InGaAlPの四元素混晶材料で構成される活性層から得られる輝度が1cd以上になるLEDを提供する事を目的としている。

【0018】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決し目的を達成するため、第一の発明の半導体発光デバイスは半導体結晶基板上に少なくとも一つ以上の発光層で構成された半導体発光素子同志若しくは半導体結晶基板上に少なくとも一つ以上の発光層で構成された半導体発光素子と半導体結晶基板とを金属によって接合して成ることを特徴とする。

40 【0019】第二の発明の半導体発光デバイスは、少なくとも一つ以上の発光層と半導体厚膜エピタキシャル結晶成長層とで構成された半導体発光素子同志若しくは少なくとも一つ以上の発光層と半導体厚膜エピタキシャル結晶成長層とで構成された半導体発光素子と半導体結晶基板とを金属によって接合して成ることを特徴とする。

【0020】第三の発明の半導体発光デバイスは、請求項1並びに請求項2に記載の半導体発光デバイスにおいて、半導体発光素子の半導体エピタキシャル結晶成長層同志若しくは前記半導体発光素子の半導体エピタキ

シャル結晶成長層と光半導体結晶基板の接合に用いた金属が共晶合金であることを特徴とする半導体発光デバイス。

【0021】第四の発明の半導体発光デバイスは、請求項1並びに請求項2に記載の半導体発光デバイスにおいて、光半導体結晶基板若しくは光半導体エピタキシャル結晶成長層が発光層により発する光のエネルギーよりも大きなバンドギャップを有する光半導体結晶であることを特徴とする。

【0022】第五の発明の半導体発光デバイスは、請求項1並びに請求項2に記載の半導体発光デバイスにおいて、少なくとも一つ以上の発光層で構成された半導体発光素子を少なくとも二つ以上順方向に接合し、且つ該半導体発光素子に順バイアスをそれぞれ印加して各発光層から各々の発光輝度を制御可能にしたことを特徴とする半導体発光デバイス。

【0023】第六の発明の半導体発光デバイスは、請求項1並びに請求項2に記載の半導体発光デバイスにおいて、少なくとも一つ以上の発光層で構成された半導体発光素子を少なくとも二つ以上順方向に接合し、且つ該半導体発光素子に順バイアスをそれぞれ印加して、各々の発光層からの発光を任意に制御し半導体発光デバイスのチップ1個で緑と赤若しくは赤と青又は緑と青の中間色の発光を任意に制御可能にしたことを特徴とする。

【0024】第七の発明の半導体発光デバイスは、請求項1並びに請求項2に記載の半導体発光デバイスにおいて、半導体発光素子の光半導体エピタキシャル結晶成長層上に形成したオーミック電極と光半導体結晶基板上に形成したオーミック電極共晶合金化構築物とを所定の形に同形状化させ且つ、熱処理によって融着させ、該オーミック電極同志を金属間結合により共晶合金接合させたことを特徴とする半導体発光デバイス。

【0025】第八の発明の半導体発光デバイスは、請求項1並びに請求項2に記載の半導体発光デバイスにおいて、半導体発光素子の光半導体エピタキシャル結晶成長層上に所定の形に形状化したオーミック電極形成面上全面に金属若しくは合金反射層を形成し、光半導体結晶基板上に形成したオーミック電極上を共晶合金化した構築物が特定の形状を有する必要がなく、且つ前記オーミック電極形成面上全面に施された金属若しくは合金反射層がAu及びAl及びAg又は反射率の高い金属並びに合金であることを特徴とする。

【0026】

【作用】発光層を構成する半導体発光素子・LEDウェーハと、前記発光層から発せられる光のエネルギー以上のエネルギーギャップをもつ透明な光半導体結晶基板若しくは不透明な光半導体結晶基板上に光半導体エピタキシャル結晶成長層を形成した後、光吸収層となる光半導体結晶基板を除去することにより光を有効に取り出すことができ、赤色より短波長領域である中間色例えば橙

色、黄色、緑色発光で1cd以上の輝度が容易に得られる。又半導体発光素子・LEDウェーハ同志の接合には共晶合金化手段を用いて電極形状に拘らず、効果的に容易に接合できる。

【0027】

【実施例】図1、図2、図3に示した従来技術による半導体発光素子の構造断面図の一例を説明する。

【0028】光半導体結晶基板1は不純物をドーピングした濃度が $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 程度のn-GaAs光半導体結晶基板を用い、このn-GaAs光半導体結晶基板上にMOVPE法で厚さ $1 \mu\text{m}$ で不純物をドーピングした濃度 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ のn-In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>)<sub>0.5</sub> Pクラッド層21を成長させ、次に厚さ $0.6 \mu\text{m}$ のアンドープIn<sub>0.5</sub>(Ga<sub>1-y</sub>Al<sub>y</sub>)<sub>0.5</sub> P活性層20を形成し、さらに厚さ $1 \mu\text{m}$ 不純物をドーピングした濃度 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ のP-In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>1-z</sub>Al<sub>z</sub>)<sub>0.5</sub> Pクラッド層22を形成し、さらに厚さ $7 \mu\text{m}$ 程度の不純物ドーピング濃度 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ のP型Ga<sub>1-s</sub>Al<sub>s</sub>As電流拡散層3を順次MOVPE法で成長させ、次にn型GaAs光半導体結晶基板1の他の表面には、Au-Ge等のn側電極とをオーミックコンタクトさせ、反対側の電流拡散層3上にはAu-Zn等のP側電極5をオーミックコンタクトさせた従来技術では、電流拡散層3であるGa<sub>1-s</sub>Al<sub>s</sub>As層はP側電極5からの電流で半導体発光素子・LEDチップ全面に拡散させるために設けられたものであり、半導体発光素子として、必ずしも必要でなく、これを用いないものもある。

【0029】図2に示した従来方法として光半導体結晶基板による光の吸収を防いで発光効率を上げると同時に光半導体結晶基板材料の選択の範囲を広げるために発光層と半導体基板の間に光反射層を形成したものや、図3に示した従来方法ではあるが、基板GaAsの代りにGaPを基板にしその上に形成した層であるInGaAlP-LED・半導体発光素子の発光色(緑色-赤色)に対して不透明なGaAs光半導体結晶基板と異なりGaP光半導体結晶基板は透明であるため、反射層を設けなくとも、下方に向った光を外部に取出しえる方法もある。

【0030】電流拡散層の元素構成において、図1の例として、図ではuが0.7の場合を示した。

【0031】この層の存在によって、活性層全域で発光させることが可能になるので、チップからの光取り出し効率を例えばGa<sub>1-s</sub>Al<sub>s</sub>As層としての電流拡散層の存在によって効率良く発光することができるが、その光を十分生かすことができない現状であったため、大幅に改善する余地がある。これらの各種成長層はGaAs光半導体結晶基板と格子整合が取られている事及びダブルヘテロ構造であること、活性層のyを0~0.7まで変化させると約660nmの赤色発光から約540nm

の緑色発光の範囲を直接遷移型バンド構造が得られること、およびダブルヘテロ構造を用いることなどにより高い発光効率を得られ、更に光反射層を形成した方法を取る事により、発光層2から出た光は下方の光半導体結晶基板1の方向に向っても、該光反射層によって反射されて光半導体結晶基板による光の吸収は防げた。

【0032】又この光反射層の構成は発光層の直下に屈折率の異なる二種類以上の物質を光の波長の1/4倍相当もしくはこれに比例した相当の厚さに交互に積層して形成したものである。

【0033】又、一方反射層を設けず下方に向った光を外部に取り出す方法が可能であり、GaAs光半導体結晶基板の代りにGaP光半導体結晶基板を使用したInGaAlP-LED・半導体発光素子を例とし、その機構はGaP光半導体結晶基板がInGaAlP-LED・半導体発光素子の発光色（緑色～赤色）に対して透明なため反射層を設ける必要はないという理由であり、反対側の下方へ向った光はn側電極側の面で反射され、上方に光取り出し側表面から外方へ出て、n組成勾配層8下方に向った光も有効に外部に取り出す。

【0034】又、pn接合がダブルヘテロ構造は言うまでもなく、又、シングルヘテロやホモ接合等の他の構造の素子の場合でも発光に直接寄与する部分を発光層2とここでは定義し、Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>Asの電流拡散層3はP側電極からの電流を半導体発光素子・LEDチップ全面に拡散させるためのもので発光素子としては必ずしも必要でない。

【0035】又、輝度を高く取るためには、発光層の光の発光機構が発光に直接寄与する部分は、活性層20とこの活性層を挟む一対のクラッド層21、22であるので、pn接合がダブルヘテロ構造では電流拡散層3側から光が取り出されるのでP側電極5が光を取り出す側の電極となり、光取り出し側電極は通常ボンディングパッドによって外部配線と接続されている。

【0036】内分けはGa<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>As電流拡散層3を設けることにより、P側電極からの電流を半導体発光素子・LEDチップ全面に拡散させるためのものでP側電極から光を取り出す事になる。

【0037】そこで図4、図5は本発明図で、電流拡散層3側から光が取り出されるには、P側電極が光取り出し側電極となる。

【0038】光取り出し側電極は、通常ボンディングパッドによって外部配線と接続されている。

【0039】なお、この種の発光素子において、発光に直接寄与する部分は活性層20と、この活性層を挟む一対のクラッド層21、22であるので、ここではこれらの層をまとめて発光層と定義する。この半導体発光素子の発光層であるpn接合部がダブルヘテロ構造であるが、シングルヘテロ接合やホモ接合などの他の構造の半導体発光素子の場合でも発光に直接寄与するものは発光

層と称する。

【0040】電流拡散層としては、Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>As層が良く知られている材料である。一方、反射層を設けずに下方に向った光を外部に取り出す方法としては、例えば光に不透明なGaAs光半導体結晶基板の代りに光に透明なGaP光半導体結晶基板を使用したInGaAlP-LED・半導体発光素子がある。GaP光半導体結晶基板はInGaAlP-LED・半導体発光素子の発光色（緑色～赤色）に対して透明なため反射層を設ける必要はない。

【0041】図4、図5は、yが1～0.5の範囲である場合を示した。この層の存在によって活性層で発光させることが可能となるので半導体発光素子・チップからの光取り出し効率を電流拡散層の存在によって効率良く発光することができるが、その光を十分に生かすことができない。発光層2からの発光は一部はそのまま光取り出し側の裏面から外部へ出、一方半導体基板が透明な場合、反対側の下方へ向った光は、n側電極側の面で反射され、上方の光取り出し側表面から外部へ出て下方に向った光も有効に取り出すことができる。

【0042】またこれら課題を解決するための対策としてIn<sub>0.5</sub>(Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>)<sub>0.5</sub>P・グラッド層を成長させる前に先ず、GaP光半導体結晶基板上にIn<sub>1-y</sub>Ga<sub>y</sub>P組成勾配層(v=1→0.5)を成長させることによりGaP光半導体結晶基板とIn<sub>0.5</sub>(Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>)<sub>0.5</sub>P・グラッド層との間の格子定数の違いを吸収させる方法がとられている。

【0043】n-GaP光半導体結晶基板・n-厚膜層10側にオーミック電極11（水玉電極）を、更にn-GaP光半導体結晶基板14側上にオーミック電極13（水玉電極）を設け、熱融合で(GaP)緑色LEDウエーハである光半導体発光素子とn-GaP光半導体結晶基板14とを共晶金属接合させて半導体発光デバイスを構成する。又、In<sub>1-y</sub>Ga<sub>y</sub>P組成勾配の代りにIn<sub>1-y</sub>(Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>)<sub>y</sub>・P組成勾配層(v=1→0.5)としても良い。

【0044】次に本発明の実施例1を図面を参照して説明する。図4は本発明の実施例1に係る半導体発光素子である発光ダイオードの概略構造を示す断面図である。図4に示すように基本的構造は一方の電極を有する化合物半導体結晶14と、この結晶の他方の面上にオーミック電極13、更にそのオーミック電極13の上の共晶合金12及び発光層2の両側に電流拡散層3、厚膜層10を有する光半導体ウエーバ15の厚膜層10側にオーミック電極11と電流拡散層側3にオーミック電極5が存在し、前記化合物半導体結晶14と光半導体結晶15とが前記共晶合金によって機械的にも電気的にも結合されている。結合側のオーミック電極11と13は電気的特性に問題がなく、また結合後の機械的強度に問題がない限り、電極の面積は小さい方が光の吸収が小さいので光



9

取出しの効率がよい。また前記半導体結晶14は光の吸収を極力少なくするためそのバンドギャップの大きさは光のエネルギーよりも大きいものとし、もう一方の電極9も電気的特性に問題がない限り電極面積は小さい方がよい。図4の例では電極5がワイヤボンディングするための電極パッドである。

【0045】次に上記半導体発光素子の製造方法について具体的に説明する。

【0046】各半導体層は有機金属気相成長法(MOVPE法)により成長させた。

【0047】原料にはトリメチルインジウム(TM I)、トリメチルガリウム(TM G)、トリメチルアルミニウム(TMA)をIII族元素のソースとして、アルシン( $AsH_3$ )とフォスフィン( $PH_3$ )をV族元素のソースとして用いた。

【0048】またP型ドーパントとしてZn、n型ドーパントとしてSiを用いたが、これらはそれぞれジメチル亜鉛(DMZ)、シラン( $SiH_4$ )をソースとしてドーブした。

【0049】これらの反応性ガスを水素をキャリアガスとして石英製反応管に輸送して、SiCコーティングしたグラファイトサセプタ上に設置したp-GaAs光半導体結晶基板にエピタキシャル結晶成長をさせた。

【0050】反応管内部の圧力は30~100Torrであり、基板は800℃程度に加熱される。

【0051】p-GaAs基板にはZnをドーブした、キャリア濃度が $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 程度のものを用いた。基板の面方位は(100)である。初めにp-GaAs基板の上にp-GaAs(Znドーブ、 $3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ )バッファ層を0.5μm程度成長させる。この上に順次p-In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>P保護膜層(Znドーブ、 $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ )を0.15μm、p-GaAsコンタクト層(Znドーブ、 $3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ )を0.1μm、p-Ga<sub>0.2</sub>Al<sub>0.8</sub>As電流拡散層(Znドーブ、 $4 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ )を7μm程度、p-In<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>P)、クラッド層(Znドーブ、 $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ )を2.2μm程度、アンドープIn<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>P活性層20を0.6μm程度、n-In<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Pクラッド層(Siドーブ、 $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ )を1μm程度、n-Ga<sub>0.2</sub>Al<sub>0.8</sub>As厚膜層(Siドーブ、 $4 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ )を7μm程度、n-GaAsコンタクト層(Siドーブ、 $4 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ )を0.1μm成長させ、最後にn-In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>P保護膜層(Siドーブ、 $4 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ )を0.15μm成長させる。

【0052】次にこのようにして得られたInGaAlP緑色LED用光半導体結晶15のn-In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>P保護膜層(オーミック電極形成を容易にするためのn-GaAsコンタクト層の面を清浄に保つために設けている)をリン酸で70℃30秒エッチング

10

して除去し(リン酸はGaAsをエッチングしないので制御良くInGaAlP保護膜層のみエッチ・オフできる)、真空蒸着法によりn-GaAsコンタクト層にAuGe合金層(Ge濃度0.5wt%)11を0.5μm蒸着した後に480℃10分間Ar雰囲気中でシンタリングしてオーミックコンタクトを形成する。

【0053】ついでこれを写真蝕刻法により所定の形状(例えば直径70μm、ピッチが180μmの電極パターン)にエッチングして電極11を形成する。また、電極11以外の露出しているn-GaAsコンタクト層をアンモニア水と過酸化水素水からなるエッチング液で除去する。

【0054】一方、厚さ250μm程度のn-GaP結晶(Sドーブ  $3 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ )の両面にAuGe合金層(Ge濃度0.5wt%)9、13を0.5μm蒸着した後500℃20分間Ar雰囲気中でシンタリングしてオーミックコンタクトを形成する。そして一方のAuGe合金層13の上に真空蒸着法によりAuGe共晶合金12(Ge濃度12wt%)を1μm程度蒸着する。ついで両面のAuGe合金を写真蝕刻法により前記電極11と同じパターンに成形する。

【0055】このようにして電極形成された光半導体結晶15のn側電極11とGaP半導体結晶14の共晶合金12を密着させた後、水素雰囲気中で400℃5分熱処理をする。この処理によりAuGe共晶合金12が溶け(共晶温度356℃)電極11と融着する。

【0056】次にこのAuGe合金の融着により接着一体化したウェーハをアンモニア水と過酸化水素水のエッチング液によりp-GaAs半導体結晶基板のみを除去する。更にリン酸で70℃30秒エッチングしてp-In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>P保護膜層を除去し、真空蒸着法によりp-GaAsコンタクト層にAuBe合金層を0.3μm蒸着した後、480℃10分間Ar雰囲気中でシンタリングしてオーミックコンタクトを形成する。更にワイヤボンディングが容易にならしめるためにAuBe合金層の上にAuを1μm程度蒸着した後、所定の形状にエッチングしてP側電極5を形成する。

【0057】また電極5以外の露出しているp-GaAsコンタクト層はアンモニア水と過酸化水素水からなるエッチング液で除去する。しかる後に所定のピッチでダイシングして個々のベレットに分離する。

【0058】このようにしてGaAs基板を除去してなる高効率InGaAlP緑色LED・半導体発光素子が完成する。このLEDではダブルヘテロ構造部の活性層で発生した光はP側電極5側、n-厚膜層10側及び側面に向うことになる。n-厚膜層10側に向かった光はn-厚膜層10と空気との界面で1部が反射され、残りは半導体結晶14に向う。半導体結晶14に入射した光も半導体結晶が透明であるので有効に外に放射される。

この効果は電極11、13、及び9の面積が小さい程有

効となる（電極は光を吸収するので）。これにより輝度が著しく向上し、2cd程度の緑色LEDが実現する。

【0059】なお、上記実施例において、InGaAlP保護膜層、GaAsコンタクト層を形成してあるが、これらの層は本発明においては本質的な事項ではなく、これらの層がなくても特性上問題ない。また半導体結晶としてn-GaPを採用しているが、p-GaPを使用しても良い。この場合は図4に示されている導電型はすべて逆になる。またn型電極としてはAuGeの他にAuSi、AuSn等としても良く、p型電極としてはAuBeの他にAuZnがある。共晶合金としてはAuGe以外にAuSiがある。またAu系以外の金属や合金のうち適切なものを使用しても本発明の効果を阻害するものではない。更にGaAlAs厚膜層についても同様でなくとも良い。

【0060】実施例では緑色LEDについて説明したが、InGaAlP活性層の組成を適宜変えることにより容易に黄色、橙色、赤色、赤外LED等にも適用可能になる。

【0061】つぎに図5を参照して本発明の実施例2を説明する。

【0062】これは金属反射層18を設けるという点が先に説明した図4の実施例1とは基本的に異なるが、効果は同様である。光半導体発光素子15の光半導体結晶であるn-厚膜層10側に本発明の実施例1で記載した通りの方法で所定の形状をもった電極11を形成した後、真空蒸着法にてAgを1μm程度蒸着し、このAgを光の反射層として利用する。一方、半導体結晶14には実施例1での説明したのと同様に、オーミック電極14と16とを共晶合金12で接合構造を形成するが、この場合は発光層2から放射された光が金属反射層18で反射するので特定の形状にする必要はなく、写真蝕刻法にてパターンニングしない。

【0063】それ以外の工程は本発明の実施例1と同様である。

【0064】本発明の実施例2の特徴は従来例2で説明した半導体反射層と同じ効果を金属反射層18により出現させるという点で、半導体反射層よりも製造バラツキを少なくさせることが出来ることが優れている。

【0065】金属反射層18の材料としては前記のAgの他にAu、Al、Ni等の他に金属を用いても良いがAgは反射率の点で優れており、Auは化学的安定性で優れている。

【0066】 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)_{0.5}\text{P}$ ・グラッド層を成長させる前に先ず、GaP光半導体結晶基板上に $\text{In}_{1-v}\text{Ga}_v\text{P}$ 組成勾配層( $v=1\rightarrow 0.5$ )を成長させることにより、GaP光半導体結晶基板と $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)_{0.5}\text{P}$ ・グラッド層との間の格子定数の違いを吸収させる方法がとられている。

【0067】n-GaP光半導体結晶基板28側にオー

ミック電極11（水玉電極）を、更にn-GaP光半導体結晶基板24上に積層したp-GaAsPエピタキシャル層26側にオーミック電極13（水玉電極）を設け、熱融合で（GaP）緑色LEDウェーハである光半導体発光素子と（GaAsP）赤色LEDウェーハである光半導体発光素子とを共晶金属接合させて半導体発光デバイスを構成する。又、 $\text{In}_{1-v}\text{Ga}_v\text{P}$ 組成勾配の代りに $\text{In}_{1-v}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)_v\text{P}$ 組成勾配層( $v=1\rightarrow 0.5$ )としても良い。

【0068】そこで図5に示す発明実施例2によって構成された半導体発光デバイスは、一方を光半導体結晶基板14例えばn-GaPと、もう一方をn-厚膜層10例えばn-GaP結晶若しくは、光半導体エピタキシャル結晶成長層・p-GaPエピタキシャル層の上に $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)_{0.5}\text{P}$ ・グラッド層21、 $\text{p-In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)_{0.5}\text{P}$ ・グラッド層22を成長させ、活性層20とにより発光層を形成する。更にp-電流拡散層を構築した、光半導体発光素子（LEDウェーハ）15とで、半導体発光デバイスを構成するわけであるが、n-厚膜層10に、所定の形に形状化したオーミック電極11（水玉電極）を形成し、該オーミック電極面上全面に金属若しくは合金から成る金属反射層18を形成、更に、この金属反射層18と光半導体結晶基板14上に形成したオーミック電極・全面電極17とを合金熱溶融により共晶合金化したオーミック電極上構築物が形成される。そこでn-厚膜層10例えば光半導体エピタキシャル結晶成長層上に形成された前記オーミック電極の形状は、前記共晶合金化したオーミック電極上構築物が特定の形状を有する必要がなく、且つ前記オーミック電極形成面上全面に施された金属若しくは合金から成る反射層がAu、Al、Ag又は、反射率の高い金属並びに合金であることを特徴とする半導体発光デバイスである。

【0069】第三の発明は少なくとも一つ以上の発光層を構成する半導体エピタキシャル結晶成長層を有する半導体発光素子同志若しくは少なくとも一つ以上の発光層を構成する半導体エピタキシャル結晶成長層発光層を有する半導体発光素子と光半導体結晶基板をベースとした半導体発光素子との接合を金属によって共晶合金接合によって成る半導体発光デバイスの各発光層により中間色を発光するものである。そこで、次に図6を参照して発明実施例3について説明する。

【0070】これは図4の光半導体結晶14のかわりに、GaAsP赤色LED（ピーク波長650nm程度）ウェーハ・半導体発光素子23を接合するという点が先に説明した図4の実施例とは基本的に異なっている。

【0071】このGaAsP赤色LED（ピーク波長650nm程度）ウェーハ・半導体発光素子23は例えば図6で示すように、このGaAsP赤色LEDウェーハ



・半導体発光素子23を構成するベースとなるn-GaP光半導体結晶基板24上に図6-25n-GaAsPエビ層と図6-26のp-GaAsPエビ層を積層成長させ、図6-25n-GaAsPエビ層と図6-26のp-GaAsPエビ層とで発光層を形成する。

【0072】このGaAsP赤色LEDウェハー・半導体発光素子23は図4で先に説明した方法によりGaP緑色LED（ピーク波長565nm程度）ウェハー・半導体発光素子27と接合される。

【0073】一方、図6-28はGaP緑色LEDウェハー・半導体発光素子27を構成する為のベースとなるn-GaP基板28上に、図6のn-GaPエビ層29と図6のp-GaPエビ層30とで発光層を形成する。このようにして得られた図6の半導体発光デバイス・チップは赤と緑の中間色を発光するLEDとなる。そして接合面から第3の電極を取り出すことにより1個のチップで赤から緑色までの光を任意に取り出すことができるという特徴を持つ。

【0074】次に図7を参照して本発明実施例4について説明する。

【0075】これは図4の半導体結晶14のかわりに、n-GaAsPエビ層光半導体エビタキシャル結晶成長層34をGaAs半導体結晶上に成長させた後エッチングによりGaAs半導体結晶を除去し、n-GaAsPエビ層光半導体エビタキシャル結晶成長層34上にn-GaAsPエビ層光半導体エビタキシャル結晶成長層25とp-GaAsPエビ層光半導体エビタキシャル結晶成長層26とを積層させ発光層を形成させる。これによりGaAsP赤色LEDウェハー36を形成する点だが、先に説明した図4の本発明実施例1とは、基本的に異なっており、もう一方のn-GaPエビ層・光半導体エビタキシャル結晶成長層33をベースとしてなるGaP緑色LEDウェハー（ピーク波長565nm程度）35は、図6の本発明実施例3でのn-GaP結晶基板28から構成された（GaP）緑色LEDウェハー27とは基本的にn-GaP結晶基板28とn-GaPエビ層光半導体エビタキシャル結晶成長層33並びにn-GaP結晶基板24とn-GaAsPエビ層光半導体エビタキシャル結晶成長層34との対比点で異なっている。

【0076】そこで、図7の本発明実施例4でのGaAsP赤色LED（ピーク波長650nm程度）ウェハー36はn-GaPエビタキシャル結晶成長層34からなり、図6の実施例3でのn-GaP結晶基板24から構成されたGaAsP赤色LED（ピーク波長650nm程度）ウェハー23とは基本的に特性も異なってくる。

【0077】図7の本発明実施例4での半導体発光素子・GaAsP赤色LED（ピーク波長650nm程度）ウェハー36は、n-GaAsPエビタキシャル結晶成長層34上に成長・積層構成された図7-25のn-G

aAsPエビタキシャル結晶成長層と図7-26のp-GaAsPエビタキシャル結晶成長層とで発光層を形成する。

【0078】又このGaAsP赤色LEDウェハー36である半導体発光素子とともう一方の半導体発光素子・（GaP）緑色LED（ピーク波長565nm程度）ウェハー35はn-GaP光半導体エビタキシャル結晶成長層33上に積層で構成された図7のn-GaPエビタキシャル結晶成長層29と図7のp-GaAsPエビタキシャル結晶成長層30とで発光層を形成する。

【0079】この様にして構成したGaAsP赤色LEDウェハー36（ピーク波長650nm程度）である半導体発光素子とGaP緑色LEDウェハー（ピーク波長565nm程度）35である半導体発光素子とを金属間結合による共晶合金接合で半導体発光素子同志の結合を行なった半導体発光デバイスを製造した。

【0080】該半導体発光デバイス製造方法は第7の発明である前記半導体発光素子の光半導体エビタキシャル結晶成長層33上に形成したオーミック電極ともう一方の前記半導体発光素子の光半導体エビタキシャル結晶成長層・p-GaAsPエビタキシャル層26上にオーミック電極を形成し、更に各オーミック電極上に共晶合金化構築物を形成するため、該共晶合金化構築物と同形に形状化させたp-GaAsPエビタキシャル層26とn-GaPエビタキシャル層33のオーミック電極とを熱処理によって融着させることになる。

【0081】これによって該オーミック電極同志を金属間結合により共晶合金接合させ成る半導体発光デバイス製造方法である。図4、図6、図7の11、12、13の共晶合金化構築物の形成方法がこれである。

【0082】図7で先に説明した方法によりGaP緑色LED（ピーク波長565nm程度）ウェハーである光半導体発光素子（LEDウェハー）35は、図7の光半導体エビタキシャル結晶成長層・p-GaPエビタキシャル層33上にn-GaPエビタキシャル結晶成長層29、p-GaPエビタキシャル結晶成長層30で挟んだいわゆる薄い光導波路であるN/GaP発光層を形成する。

【0083】このようにして得られた半導体発光デバイス・チップは赤と緑の中間色のLEDとなる。そして接合面から第3の電極を取り出すことにより1個のチップで赤から緑色までの光を任意に取り出すことができるという特徴を持つ。又 青色LEDではGaN、SiCエビタキシャル結晶成長層を使用する。

【0084】

【発明の効果】各半導体発光素子に順バイアスをそれぞれ印加して、各々の発光層から所定の波長光の発光を任意に制御し半導体発光デバイス・チップ1個で緑と赤若しくは赤と青又は緑と青の中間色の発光を任意に制御可能にしたことを特徴とする半導体発光デバイス。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】従来技術による半導体発光素子の構造断面図の一実施例。

【図2】従来技術による半導体発光素子の構造断面図の一実施例。

【図3】従来技術による半導体発光素子の構造断面図の一実施例。

【図4】本発明による半導体発光デバイスの構造断面図の発明実施例1。

【図5】本発明による半導体発光デバイスの構造断面図の発明実施例2。

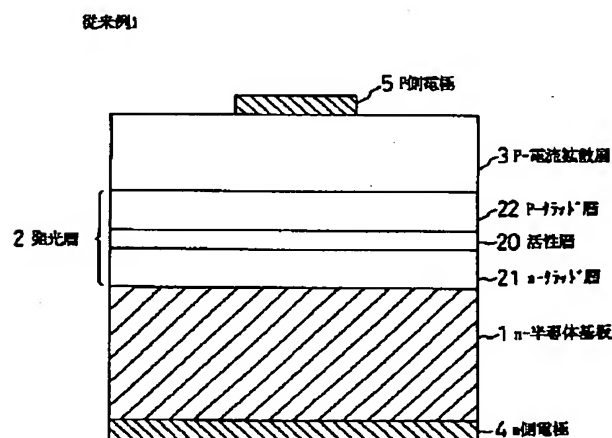
【図6】本発明による半導体発光デバイスの構造断面図の発明実施例3。

【図7】本発明による半導体発光デバイスの構造断面図の発明実施例4。

## 【符号の説明】

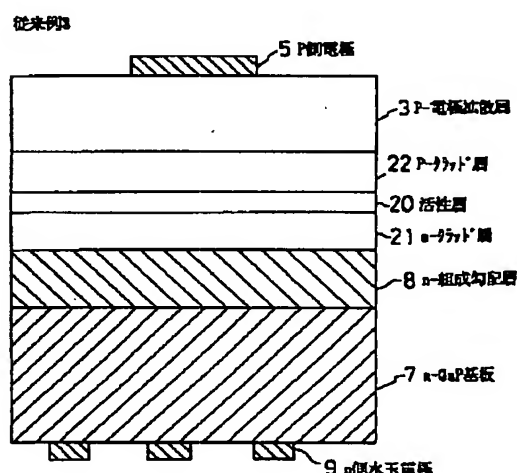
- 1 n-半導体基板
- 2 発光層
- 3 p-電流拡散層
- 4 n側電極
- 5 p側電極
- 6 反射層
- 7 n-Gap基板
- 8 n-組成勾配層
- 9 n側水玉電極
- 10 n-厚膜層 (n-半導体膜厚エピタキシャル結晶成長層)

【図1】

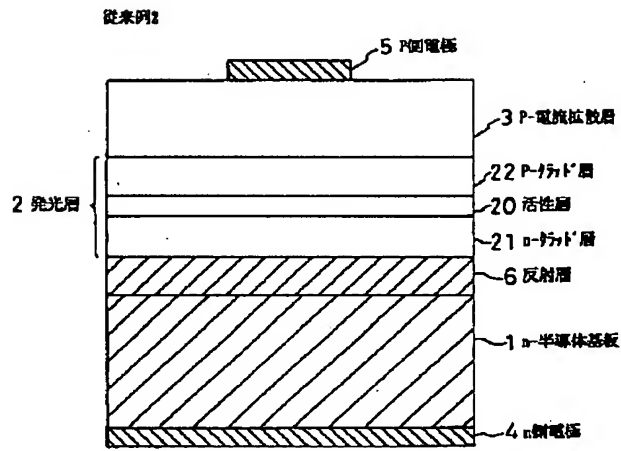


- 11 n水玉電極
- 12 共晶合金
- 13 n-水玉電極
- 14 半導体結晶
- 15 LEDウェーハ・半導体発光素子
- 16 全面電極
- 17 全面電極
- 18 金属反射層
- 20 活性層
- 21 n-クラッド層
- 22 p-クラッド層
- 23 (GaAsP) 赤色LEDウェーハ・半導体発光素子
- 24 n-Gap基板
- 25 n-Gapエピ (エピタキシャル) 層
- 26 p-GaAsPエピ (エピタキシャル) 層
- 27 (GaP) 緑色LEDウェーハ・半導体発光素子
- 28 n-Gap基板
- 29 n-Gapエピ (エピタキシャル) 層
- 30 p-Gapエピ (エピタキシャル) 層
- 31 バイアス電圧
- 32 バイアス電圧
- 33 n-Gapエピ層 (n-半導体膜厚エピタキシャル結晶成長層)
- 34 n-Gapエピ層 (n-半導体膜厚エピタキシャル結晶成長層)

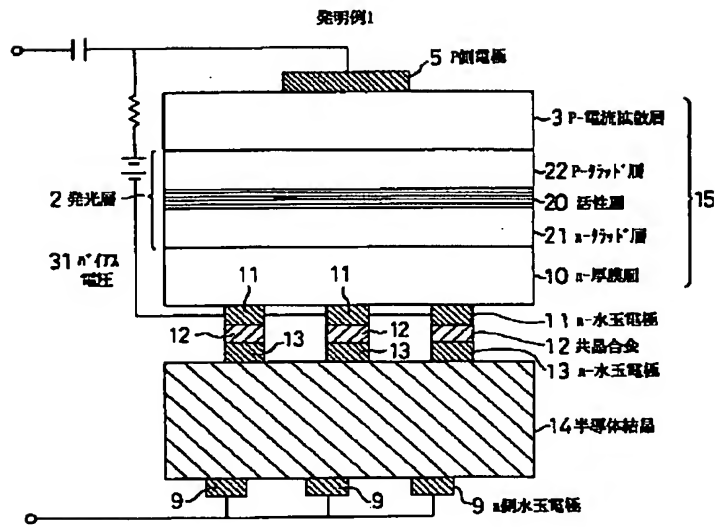
【図3】



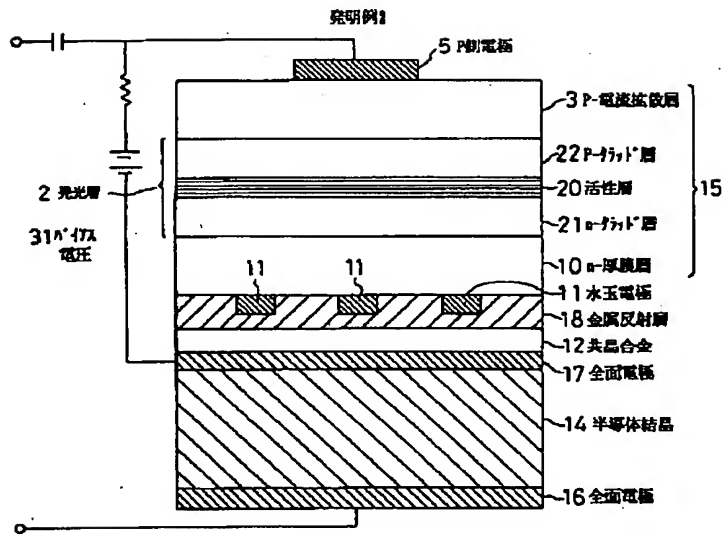
【図2】



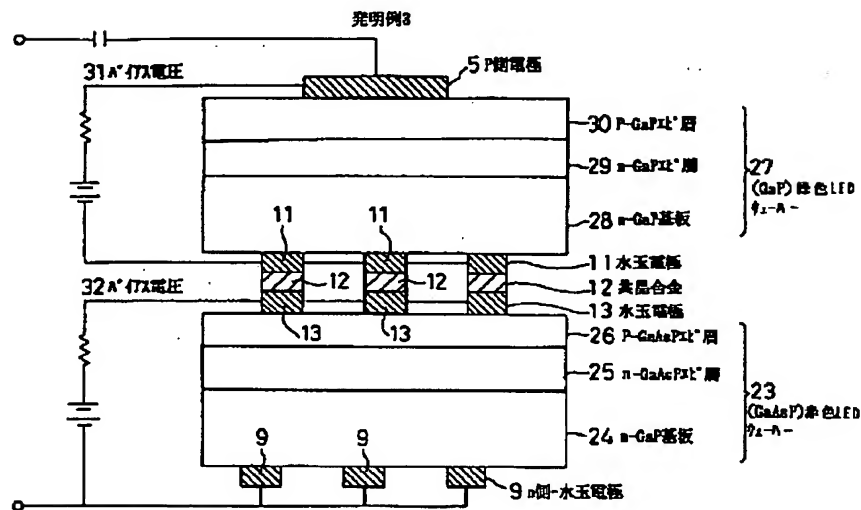
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

